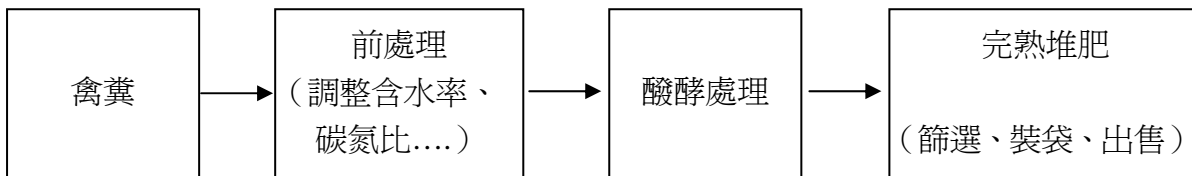


雞糞堆肥之製作

畜產試驗所、台南區農業改良場

未經醱酵之雞糞，若直接施入土壤，種植作物或蔬菜，容易對植物造成傷害；為避免不必要的損失，不論是純的或含粗糠等物質的雞糞，最好經過充分的醱酵處理後才施用。要製作醱酵完熟、品質優良的雞糞堆肥，在製作堆肥的過程中，必須注意水分、營養分（如碳氮比）的調整、氧氣的供應及適當溫度的維持，以提高微生物活性，醱酵反應才能順利進行。

一般堆肥的製作流程，包括了前處理、醱酵處理、篩選、裝袋等階段，其流程圖如下：



一、雞糞堆肥材料調製

1. 水分調整

堆肥中微生物的繁殖、存活需要適量的水分與氧氣。因此，在醱酵過程中，水分不足，則微生物會失去活性；水分太多，則會造成厭氣狀態，而無法進行良好的醱酵反應。堆肥基質的最適水分含量約為 60~70%，即大約是用手緊握時，略有水分滲出的程度。由於純雞糞加水後會互相膠結成糊狀，形成厭氣狀態，使得堆肥醱酵不良，所以在堆肥製造過程中，可配合添加粗糠、木屑、稻草等調整材，以增加其通氣性。所添加的水分調整材需要量可依下列計算式計算：

$$\text{調整材需要量 (kg)} = \text{新鮮糞量(kg)} \times \frac{\text{新鮮糞含水率(\%)} - \text{適當含水率(65\%)}}{\text{適當含水率(65\%)} - \text{調整材含水率(\%)}}$$

2. 成分調整

堆肥醱酵反應主要是由微生物來分解堆肥材料中之可分解有機物。微生物活動所需要的最適當碳氮比例，在細菌大約是 10：1、真菌是 20：1，而蛋雞糞的碳氮比為 9~14(表一)，故可在蛋雞糞中添加含碳調整材以調整其營養成分，使其適合微生物生長，一般常用的調整材料有稻殼、木屑等。

台灣地區農產廢棄物亦相當龐大，以民國 96 年為例約 179 萬公噸，其中稻殼 272,691 公噸、稻蒿 136,458 公噸、廢棄菇包 152,000 公噸，亦可酌量混合，提高堆肥材料碳氮比。一般農產廢棄物的成分如表二所示。在與農產廢棄物混合堆積時，如為長纖維性材質最好將其剪短、切細或做必要的前處理，利用人工或鏟裝機與禽糞攪拌

均勻，並同時調整水分含量。而此種混合堆積應該一次就將材質加入，切忌於醱酵過程中分次添加，如此才能醱酵均勻。

表一、雞糞成分含量（乾基）

樣品	碳氮比	有機質	碳	氮	磷酐	氧化鉀	氧化鈣	氧化鎂
%								
蛋雞糞(1)	9~14		27~32	2.1~2.9	4.4~6.8	0.77~3.8	0.73~7.5	0.3~1.8
蛋雞糞(2)		19~40		0.6~1.9	1.4~4.1	1.0~2.1	4.7~8.2	0.3~1.5
肉雞糞(1)	11~28		25~47	1.8~2.5	2.8~6.6	2.7~3.6	2.6~21	0.7~1.5
肉雞糞(2)		44		1.99	2.11	1.41	1.57	0.50

表二、農產及加工廢棄物成分含量（乾基）

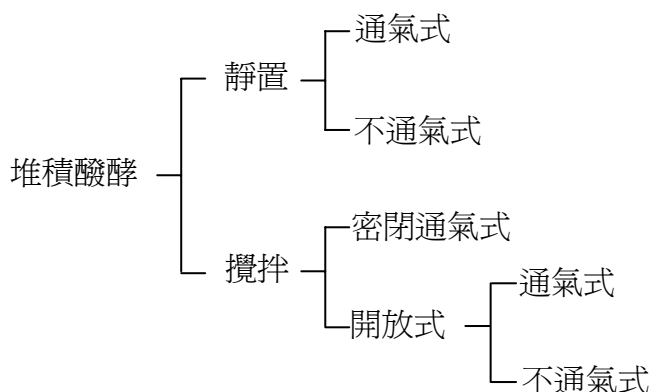
樣品	碳氮比	有機質	碳	氮	磷酐	氧化鉀	氧化鈣	氧化鎂
%								
稻殼	60~106	55~87	39~42	0.36~1.47	0.07~2.18	0.28~0.98	0.01~0.34	0.05~0.09
糠	22	91	50~55	2.04~3.37	2.45~4.47	1.43~2.45	0.18~0.35	0.75~1.78
茶渣	14~18	96	46~51	2.52~3.64	0.44~0.50	0.49~0.65	0.46~0.61	0.25~0.37
蔗渣	204	73	33~53	0.26~1.08	0.07~0.21	0.23~0.57	0.41	0.12
花生粕	5~11	90~94	26~47	4.4~7.5	0.7~2.75	0.9~1.86	0.24~0.97	0.47~0.82
芝麻粕	10		55	5.74~5.80	2.24~7.33	1.34~1.81	5.63	1.10
胡麻粕				5.00	4.58	2.29		
大豆粕	4~7	67~95	27~43	4.4~8.46	1.2~1.74	2.0~3.39	0.27~0.53	0.35~0.65
棉子粕	6~11	92~93	26~54	3.9~5.8	1.31~2.7	1.1~1.55	0.55~1.4	0.77~0.87
蓖麻粕	8~10	92	45~46	4.69~5.79	1.81~1.97	1.00~1.45	0.83~2.18	0.88~0.95
菜子粕	9	92~94	48	3.40~6.3	0.96~5.73	1.0~1.69	0.42~1.37	0.58~0.93
向日葵粕				5.20	3.89	1.69		
椰子粕	3		10	3.40	2.27	2.16	2.27	0.47
桐子粕	15		49	3.20	1.37	1.08	0.73	0.48
桐油子餅				2.07	0.60	0.66	0.47	0.00
葡萄粕	26	96	52	2.01	0.60	0.88	0.52	0.18
苦楝粕	27		48	1.75	0.44	2.29	1.54	0.67
苦茶渣粕		96~97		1.0~1.7	0.25~0.48	0.88~1.4	0.01	0.18~0.21
茶子粕	41		51	1.23	0.30	1.21	0.21	0.23
廢棄香菇栽培介質	27~102	75	37~57	0.56~1.35	0.89~2.04	0.10~0.69	2.27~5.78	0.47~0.93
廢棄金針菇栽培介質	42	58~90	58	0.94~3.5	0.76~4.4	0.45~1.21	0.49~3.3	0.37~1.9

資料來源：李艷琪、張愛華 2000 有機資材及有機質肥料之成分分析。有機質肥料合理化施用技術專輯 .P49~62.中華永續農業協會、行政院農業委員會農業試驗所出版

二、堆製方法

養禽場的禽糞，可依各個農場的規模及經營方式不同，而自行採用適合該場的堆肥處理方式。一般而言，採農牧綜合經營的農戶，可利用自產的農、畜產廢棄物以簡易堆積方式，在完全或部分醱酵後製成堆肥，施用於自家之農地；而專業養禽場由於所產生的禽糞量較大又沒有足夠的農地容納，無法達到自產自用的原則，因此必須運到自場或禽糞集中處理場之堆肥醱酵槽進行堆積醱酵，待醱酵完熟後，再行出售。

堆積醱酵方式主要可歸納如下：



禽糞堆肥製作因採用的處理方式不同，其設施需求、操作條件、腐熟日數、處理成本、產品品質會有極大的差異。但一般而言，堆積式堆肥的設備投資較少，但處理期長，需 2 個月以上，而且堆肥成品品質不均勻；而攪拌式堆肥處理，設備投資及操作維持費均高，但處理期間短，約 1 個多月即可醱酵完熟，且堆肥成品品質較均勻。但不論採用何種處理方式，水分調整、適當通氣、避免日曬雨淋及防止蒼蠅、臭味的產生等，均是雞糞堆肥製造時必須注意的地方。業者可依養禽場各種環境、設備的條件，自行選擇合適的方法進行堆積醱酵。

一般雞糞堆肥的製造流程，大致為：

雞糞 → 調整水分及營養分 → 堆積醱酵 → 堆肥成品

各堆肥生產者可以視醱酵情形或堆肥產品需求，進行二次醱酵、肥分調配及篩選、包裝等。

臺灣地區禽糞堆肥的處理方式可大致歸納為簡易堆積式、堆積送風式、開放攪拌式及密閉式等數種。但是，因堆積方式、攪拌機械及送風方式的不同，實際應用在一般農家及專業堆肥場的堆肥製造法，可以說是五花八門，其中比較常見的有：袋裝堆肥式、箱型送風式、簡易堆肥舍、送風堆肥舍、橫軸迴轉攪拌式、鋼板履帶翻堆式、橫型圓筒式、直立圓筒式等。以下就目前比較被普遍採用且比較符合環保要求的六種

方式，加以詳細說明，業者可依禽糞成分、處理量、投資額等條件參考採用：

（一）箱型送風式

在箱型醱酵槽內設置送風系統，由鼓風機、主風管、支風管及定時控制器連合組成（圖 1），每分鐘之送風量以每噸堆肥 200 l（靜壓 320mm/Aq）較適當。其作業流程為：

雞糞 → 調整水分及營養分 → 醱酵 → 篩選 → 包裝

此種處理方式的優點為操作簡易，且因無須翻堆，故可以節省機械之投資；而缺點為堆肥原料在醱酵過程中會變得密實，使通氣性變差，且原料及微生物之混合情形較差，易造成醱酵不均勻，因此堆肥品質較不穩定。

箱型堆肥舍的醱酵槽，一般可分隔為寬 1.8~3.6 m、深 1.8~5.6 m、高 1.8~2.6 m 的小區間，以單列或複列配置，總容積約 8~50 m³。醱酵槽的三邊壁面為混凝土塊構築，前方則使用可移動之合板或厚木板，以方便堆肥之搬運。雞糞在調整水分後，即堆積於醱酵槽內，由床面向雞糞堆通氣，以促進醱酵；可在箱型醱酵槽內持續醱酵二個月或經 20~30 天後移至攪拌式堆肥舍繼續醱酵至腐熟。



圖 1、箱型送風式堆肥醱酵槽

（二）開放攪拌式

開放攪拌式為在醱酵槽的上方裝設攪拌機，每日進行 1~2 次的攪拌及移送作業，醱酵槽底部亦可裝設促進醱酵的通氣裝置。堆肥材料之分解較箱型醱酵槽快、產品品質均一、操作省力、可大量生產，為此種堆肥舍的優點。

醱酵槽的形狀有直列型（單列或複列）及橢圓形兩種。槽之側壁使用可耐攪拌機重量（1.3~5 噸）的型鋼或鋼筋混凝土，內部裝設可供攪拌機行走之鐵軌；依攪拌的方式，可分為杓子式攪拌機及迴轉式攪拌機兩種。

1. 迴轉攪拌式

迴轉式攪拌機有多種樣式，長方型醱酵槽為以 30 cm~ 1 m 的攪拌棒進行攪拌、移送作業，作業結束後攪拌機由堆肥原料上方移回起始點；循環式醱酵槽則為攪拌機的迴轉軸上設有耕耘爪，可以進行攪拌、移送作業或作用左右縱軸之螺旋，來攪拌醱酵槽側壁附近之堆肥。

以下為本省雞場使用迴轉攪拌式堆肥醱酵槽之實例，依其攪拌機橫軸機械型式，將其分為條板式及刀爪式。

(1) 條板式：

在本案例之醱酵槽可處理 120,000 隻蛋雞之雞糞。雞舍為高架籠飼，雞糞在籠下堆積約 30~45 天，此時含水率約為 50~60%，故雞糞收集後不必調整水分，可直接送入醱酵槽內。醱酵槽為長條形，長 75 m，寬 6 m，利用條板迴轉式攪拌機翻堆攪拌（圖 2）；醱酵期間 35 天。

處理流程如下：



該堆肥場年產堆肥 1,080 噸，醱酵後之堆肥因條板攪拌而形成顆粒狀，堆肥成品利用篩選機篩分成粒徑 6 mm 以下、12 mm 以下、18 mm 以下及 18 mm 以上等四級。雖然粒狀堆肥有施用較方便、肥效較持久等優點，但有時會有醱酵不均勻的情況，所以亦須注意堆肥顆粒之內部完熟程度。



圖 2、條板迴轉攪拌式醱酵場

(2) 刀爪式

本例之堆肥場每天可處理 135,000 隻蛋雞糞，原料以鏟裝機投入長 72 m、寬 4 m 之醱酵槽，每天以刀爪迴轉式翻堆機翻堆一次（圖 3），醱酵期間 60 天。堆肥成品呈細小顆粒狀，年產量 1,080 噸。

處理流程如下：

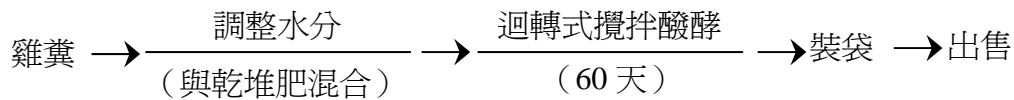


圖 3、刀爪迴轉攪拌式醱酵場

(3) 杓子式

杓子式醱酵槽為在長方型之醱酵槽內利用履帶翻堆機，將堆肥材料上扒後，往後方落下之方式進行攪拌、翻堆、移送之工作，其一般之翻堆深度可達 1.0~1.8 m，因為攪拌翻堆的深度較迴轉式機械深，所以醱酵槽所需面積較小。

本實例之醱酵槽為一長 24 m、寬 1.5 m、高 1.7 m 之鋼鐵醱酵槽，配設 U 型杓子式之履帶翻堆機械（圖 4）。該套設備之容積為 60 m³，每次可處理雞糞 4 噸，每兩天翻堆及進料一次，約 24 天後醱酵結束，堆肥成品即可裝袋出售。本套設備可配合簡易堆積式或送風式堆肥處理做為堆肥二次醱酵之醱酵設施，其堆肥成品之品質及均勻度相當不錯。

處理流程如下：

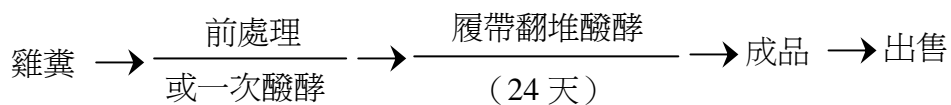




圖 4、杓子式醱酵槽

(三) 密閉式

本型之堆肥製作，係將禽糞等堆肥材料投入密閉式之醱酵槽內，利用槽內的攪拌裝置或槽本身的迴轉，使材料充分混合，並使醱酵槽維持均勻的醱酵溫度；若槽內沒有灑水裝置，則在高溫下醱酵堆的水分含量很快就會降到 40% 以下，會使醱酵反應提早中止。本型的優點是：可以省工、堆肥成品品質均一、醱酵設施佔地面積少、醱酵期間所產生的臭氣容易收集處理；但是單位處理量的設備投資費用比較高，則為其缺點。因此使用本型之堆肥場，常採用先在密閉式醱酵槽中進行短時間的醱酵，再移到其他醱酵槽作二次醱酵的方式來製造堆肥。醱酵槽可以是水泥、鋼板所製成之整組永久固定式，也可以搭配塑膠布棚使用，醱酵時才密閉覆蓋，不進料時則開啓，使便於進行醱酵槽的清理及內部機械之維護保養。此型之堆肥製作均採批式處理。

1. 圓型

在台灣地區使用本型醱酵槽來處理肉雞糞及蛋雞糞的堆肥場（圖 5），其堆肥醱酵方式均採批式醱酵，每批次之處理量依型別大小可以處理 40~90 噸。

本例之堆肥場，醱酵槽高 2 m、直徑 6.5 m，翻堆機因為繞圈走動翻堆，每行走一圈約需 3 小時 40 分。翻堆醱酵時，外圍覆上塑膠布，醱酵槽即成為密閉式，可利於抽氣脫臭之操作，醱酵槽內設有送風裝置，並可隨時調整槽內的濕度與溫度；醱酵 15 天後，再將醱酵堆移至送風式堆肥醱酵槽進行 30 天的二次醱酵。堆肥年產量為 480~720 噸。

處理流程如下：

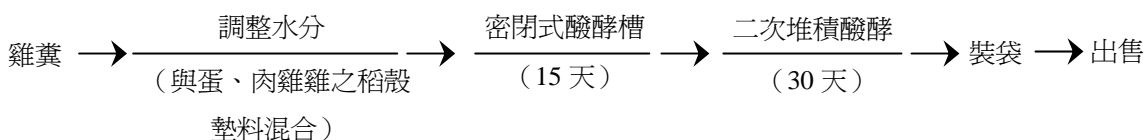




圖 5、圓型密閉式醱酵槽

2. 直立圓桶式

本例之堆肥醱酵採批式處理，堆肥原料調整水分至適當程度後以昇斗機進料到 16 m^3 容積之圓桶（圖 6），醱酵 3 天後再送入杓子式醱酵槽中進行 22 天的二次醱酵。全部醱酵時間合計為 25 天。該場之堆肥年產量約為 630 噸。處理流程如下：

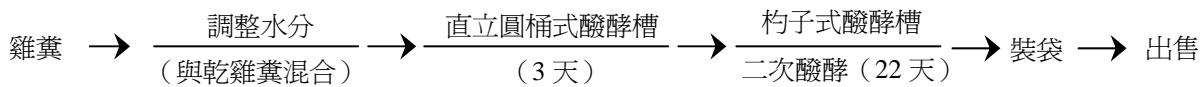


圖 6、直立式圓桶醱酵槽

三、雞糞堆肥腐熟度之判定

1. 溫度：在堆積醱酵初期，醱酵堆的溫度會急速上升，且內部溫度比表層溫度高，每當溫度達到一個高峰再下降時，即表示堆肥內部有缺氧的現象，此時需要翻堆或通氣。如此翻堆數次後，堆肥內部的溫度上升速度逐漸減緩；若水分含量

適當，翻堆後溫度低於 45℃，則可視為堆肥已接近腐熟。

2. 臭味：醱酵初期，氨氣及其他揮發性臭氣之濃度甚高，有時甚至會有嗆鼻的感覺，爾後每次翻堆，氨氣味道逐漸淡化，等到僅剩微量氨味，甚至微覺土氣時，則大致已到完熟階段。
3. 顏色：在堆積初期，堆肥顏色相當鮮明，爾後隨著醱酵時間增長而逐漸轉成暗色。當堆肥成呈褐黑色時，亦約是堆肥完熟之時。
4. 種子發芽率測定：若欲更確認雞糞堆肥是否仍含有抑制種子發芽的毒性物質，可以進行種子發芽率試驗做為判定堆肥腐熟度的指標。

其方法如下：現場採回來的新鮮堆肥樣品，經 65℃ 風乾後，取樣品 5g 置於三角瓶中，加 100 ml 75~80 °C 熱蒸餾水，攪拌均勻後靜置 3 小時，將浸液過濾後，取 10 ml 濾液於已放有二層濾紙及 100 顆白菜種子的培養皿中，每一堆肥樣品做 5 重覆，並以蒸餾水代替濾液當作對照組。培養皿蓋上蓋子後，置於恆溫箱中，在 25 °C 培養 4~5 天，種子有長出兩個完整子葉及根毛者才判定有發芽。

$$\text{種子發芽率(\%)} = \frac{\text{堆肥萃取液所測得之種子平均發芽數}}{\text{對照組測得種子平均發芽數}} \times 100\%$$

四、雞糞堆肥品質

製作雞糞堆肥產品須符合肥料品目規格始得取得肥料登記證，其中，禽畜糞堆肥(品目編號 5-09)指以禽畜糞為主原料（50%以上），添加適量稻殼、木屑、菇類培植廢棄包之內容物、花生殼、蔗渣等調整材，經過翻堆、醱酵腐熟、調配成分、堆置風乾等程序所製成之堆肥。主要規格為有機質 40.0%以上；全氮 1.0%以上，4.0%以下；全磷酐 1.0%以上，6.0%以下；全氧化鉀 0.5%以上，5.0%以下。98 年 12 月 31 前砷不得超過 25.0 mg/kg，鎘不得超過 2.0 mg/kg，鉻不得超過 150 mg/kg，銅不得超過 110 mg/kg，汞不得超過 1.0 mg/kg，鎳不得超過 25.0 mg/kg，鉛不得超過 150 mg/kg，鋅不得超過 600 mg/kg。99 年 1 月 1 日起砷不得超過 25.0 mg/kg，鎘不得超過 2.0 mg/kg，鉻不得超過 150 mg/kg，銅不得超過 100 mg/kg，汞不得超過 1.0 mg/kg，鎳不得超過 25.0 mg/kg，鉛不得超過 150 mg/kg，鋅不得超過 500 mg/kg。另一種可能登記之品目為一般堆肥(品目編號 5-10) 係指以植物殘株、稻殼、蒿稈、木屑、菇類培植廢棄包之內容物、花生殼、蔗渣、禽畜糞尿、植物渣粕、米糠等農業廢棄物原料，經過翻堆、醱酵腐熟、調配成分、堆置風乾等程序所製成之堆肥。主要規格為有機質 50.0%以上；全氮 0.6%以上，3.0%以下；全磷酐 0.3%以上，5.0%以下；全氧化鉀 0.3%以上，4.0%以下。砷不得超過 25.0 mg/kg，鎘不得超過 2.0 mg/kg，鉻不得超過 150 mg/kg，銅不得超過 100 mg/kg，汞不得超過 1.0 mg/kg，鎳不得超過 25.0 mg/kg，鉛不得超過 150 mg/kg，鋅不得超過 250 mg/kg。

雞糞所製成的堆肥醱酵過程中粗纖維、粗蛋白及粗脂肪，在醱酵過程中不斷減少，但是無機鹽類的濃度則是不斷提升，如銅、鋅的濃度在完熟堆肥中濃度約達生雞糞 2.5 倍。因此，在調製堆肥材料中加入含較低銅、鋅濃度的材料，是減低堆肥中

銅、鋅濃度的方法之一。表三為含雞糞堆肥各項成分含量，必須注意蛋雞糞堆肥有機質含量有時少於 40%，磷酐大於 6%，不符合禽畜糞堆肥品目規格，添加廢棄太空包等資材可解決此問題。

表三、含雞糞堆肥成分含量

堆積資材	比例 (w/w)	碳氮 比	有機質	碳	氮	磷酐 %	氧化鉀	氧化鈣	氧化鎂
蛋雞糞		7~15	30~41	17~24	1.35~2.5	4.6~10	2.4~4.6	9.1~33	1.2~2.1
肉雞糞		10	53	31	2.97	3.14	2.59	3.09	0.78
香菇木屑：雞糞	8：4	11	48	28	2.46	4.33	2.26	9.63	0.17
香菇木屑：雞糞	16：4	12	48	28	2.37	4.19	2.23	9.12	0.16
香菇木屑：雞糞	32：4	14	53	31	2.25	3.99	2.18	8.70	0.15
廢棄太空包：雞糞：米糠	14：5：1	17	64	37	2.23	1.01	1.70	3.98	1.40
木屑：雞糞	7：3	14	64	37	2.64	0.82	1.16	2.35	0.48
廢棄太空包：雞糞	10：1	19	60	35	1.82	4.17	1.92	5.35	1.92
廢棄太空包：雞糞	10：4	16	59	34	2.18	5.70	3.33	8.55	2.75

資料來源：李艷琪、張愛華 2000 有機資材及有機質肥料之成分分析。有機質肥料合理化施用技術專輯 .P49~62.中華永續農業協會、行政院農業委員會農業試驗所出版

至於，在雞糞中可能含有的細菌及磺胺劑對堆肥品質是否有影響？依據沈韶儀 (2006) 研究結果在新鮮雞糞中驗出的 *Klebsiella Pneumoniae*, *Micrococcus spp.*, *Staphylococcus xylosus*, *Escherichia coli*, *Ochrobacter anthropi*, *Staphylococcus ciuri*, *Staphylococcus lentus* 及 *Agrobacteria radiobacter* 等非病原性細菌，只要發酵反應的進行超過 1 天使堆肥溫度達到 40℃ 以上，即可殺滅。而在雞糞中測得之 Sulfamonomethoxine (SMM，磺胺一甲氧嘧啶)，亦會隨著堆肥化的進行逐漸衰減。

五、雞糞堆肥製作時應注意事項

1. 材料混合均勻：材料儘量混合均勻，以促進發酵。切勿將欲混合的材料均打成粉狀，須保留部份材料為粗質地，以利通氣，若摻雜稻殼，將稻殼保留原貌，不須打碎。蛋雞糞添加菇類廢棄栽培介質等農產廢棄資材，可以提高堆肥成品有機質含量，降低磷酐及重金屬含量，有助達到肥料規格要求。
2. 調整水分：將堆製材料調整至約含 60%~70% 的水分，即用手緊握時，略有水分

滲出的程度。堆肥醱酵過程中，若堆肥材料太乾，則需加水濕潤，以維持微生物活性。

3. 需翻堆或通氣：在醱酵過程中，為充分供應微生物所需的氧氣，需要翻堆或通氣，以免造成部分厭氣狀態而影響堆肥醱酵。翻堆除了可以供給氧氣外，還可以增加微生物和醱酵基質的接觸，增加反應速率，而成品的品質也會更均勻。
4. 選擇適當地點：堆肥製造地點，要空曠、排水良好、給水方便；與住家相隔一段距離。
5. 堆肥場要遮蓋：製造堆肥時，需有防雨的設施，避免雨水直接淋洗。
6. 需裝設廢水收集設備：堆肥醱酵過程中所滲出的水分必須妥善收集，以免造成污染。故堆肥場所要有收集廢水的設施，且可將收集的肥液妥善處理，如做成有機液肥或在翻堆時作水分調整之用。
7. 堆肥場所須通風良好且有除臭設施：堆肥製作場所要有通風及除臭設備，四周中空或具通風扇抽氣設備，以去除翻堆時產生的氨氣及其他臭味氣體，以免危害人體健康。堆肥醱酵時所產生的臭味氣體，要妥善收集處理，以免造成空氣污染。